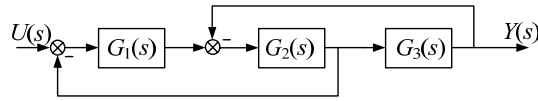
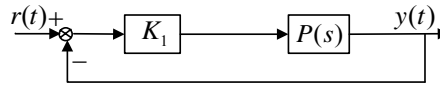


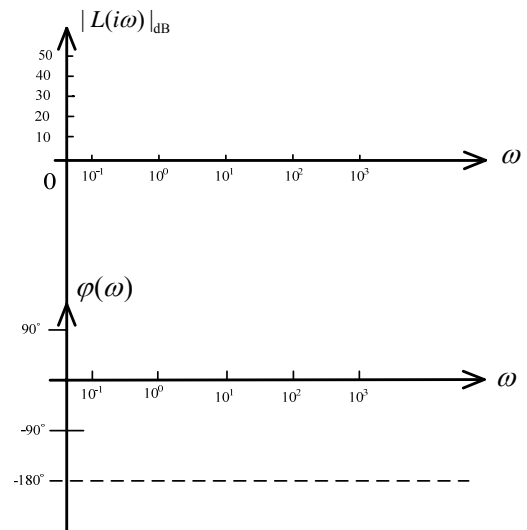
1. 已知系统的结构图如下，且知 $G_1(s)G_2(s)G_3(s) = G_1(s)G_2(s) + G_2(s)G_3(s) = \frac{K(s^2 + 6s - 7)}{s^3 + 5s^2 + 12s + 8}$ ，求解以下问题：



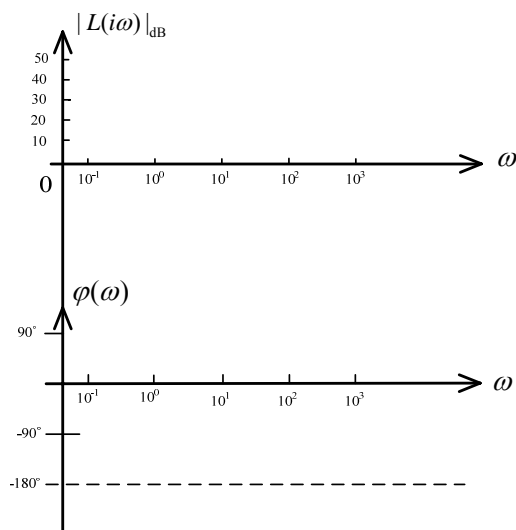
- (1)求系统的传递函数；
 (2)若系统是稳定的，求 K 的取值范围；
 (3)绘制系统的常规根轨迹。
2. 下图中，已知 $P(s) = \frac{1}{(s+1)^3}$ ，解决以下问题：
- (1)证明：增益 $K_1 = 0 \rightarrow \infty$ 时闭环系统的根轨迹与根轨迹的渐近线重合；
 (2)利用绘制根轨迹的幅值条件求出闭环系统临界稳定的 K_1 值。



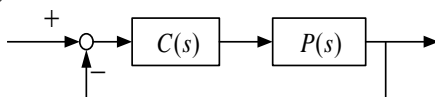
3. 永磁他励电枢控制式直流电机的近似模型为 $G(s) = \frac{\Theta(s)}{U(s)} = \frac{K_d}{s(T_{em}s + 1)}$ ，式中，传动系数 $K_d = 30$ ，机电时间常数 $T_{em} = 0.3$ ， $U(s)$ 是输入电压 $u(t)$ 的 Laplace 变换， $\Theta(s)$ 是转动角度 $\theta(t)$ Laplace 变换。完成如下工作：
- (1) 画出直流电机的 Bode 图(请在下图中画出)，并求其交越频率 ω_c^0 。
- (2)针对此对象进行校正，校正后的开环系统交越频率要大于等于 50rad/s ，相角裕量 $\varphi_m^* > 55^\circ$ ；闭环系统在给定阶跃信号时无稳态误差；负载扰动为阶跃信号时无稳态误差。请合理选择 PI、PD、PID 三种方法之一进行校正，并计算控制器参数，粗略地画出控制器的 Bode 图。



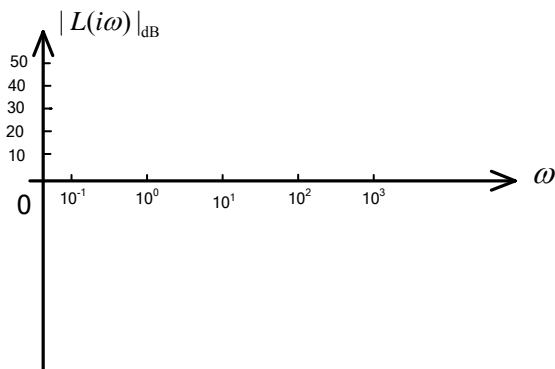
4. 永磁他励电枢控制式直流电机的近似模型为 $G(s) = \frac{\Theta(s)}{U(s)} = \frac{K_d}{s(T_{em}s + 1)}$ ，式中，传动系数 $K_d = 32$ ，机电时间常数 $T_{em} = 0.4$ ， $U(s)$ 是输入电压 $u(t)$ 的 Laplace 变换， $\Theta(s)$ 是转动角度 $\theta(t)$ 的 Laplace 变换。完成如下工作：
- (1) 画出直流电机的 Bode 图(请在下图中画出)，并求其交越频率 ω_c^0 。
- (2)针对此对象进行校正，校正后的开环系统交越频率要大于等于 50rad/s ，相角裕量 $\varphi_m^* > 55^\circ$ ；闭环系统在给定阶跃信号时无稳态误差；负载扰动为阶跃信号时无稳态误差。请合理选择 PI、PD、PID 三种方法之一进行校正，并计算控制器参数，粗略地画出控制器的 Bode 图。



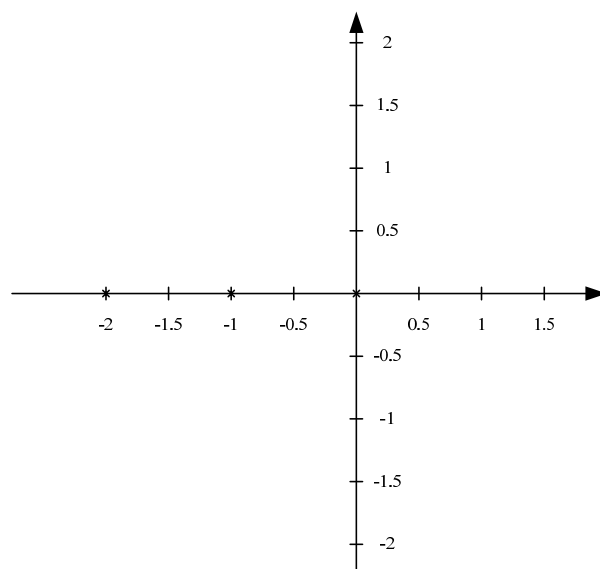
5. 设下图所示系统中 $P(s) = \frac{K}{s(s+1)}$ ，要求在单位斜坡输入下 $e_{ss} \leq 0.04$ ，相角裕度 $\gamma \geq 45^\circ$ ，是否可以分别用超前(或 PD)和滞后(或 PI)进行校正，若能，设计对应的校正环节 $C(s)$ 。



6. 某系统模型为 $G(s) = \frac{\Theta(s)}{U(s)} = \frac{1}{s(s+1)}$ ，在单位斜坡输入下 $e_{ss}^* < 0.04$ ，相角裕度 $\varphi_m^* > 47^\circ$ 。试选用超前校正或滞后校正进行控制器设计。



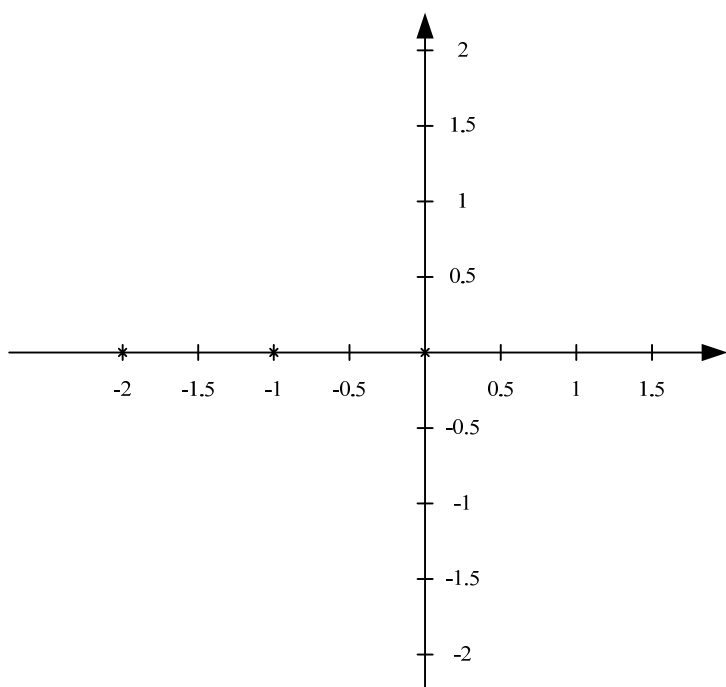
7. 已知单位反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+2)}$ 。解决以下问题：
- (1) 指出根轨迹增益、确定根轨迹的分支数、实轴上的根轨迹区段、渐近线、分离点及相应开环增益、与虚轴的交点及相应开环增益，并在已给出坐标系与零极点分布的图中，绘制根轨迹图。
 - (2) 确定系统在稳定欠阻尼状态下的开环增益 K 的范围。
 - (3) 若 $K=0.5$ ，系统在单位斜坡信号作用下的稳态误差是多少？



8. 已知单位反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{2K}{s(s+1)(0.5s+1)}$ 。解决以下问题：

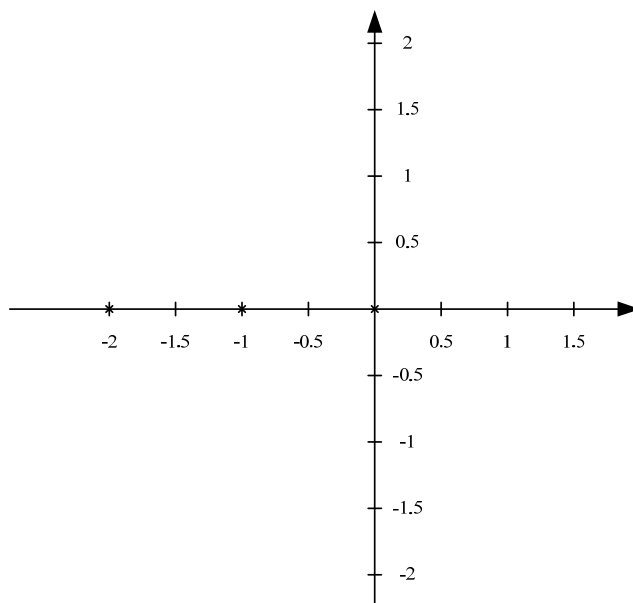
- (1) 将其写成零极点形式，确定根轨迹的分支数、实轴上的根轨迹区段、渐近性线、分离点及相应开环增益、与虚轴的交点及相应开环增益，并在已给出坐标系及零极点分布的图中，绘制根轨迹图。
- (2) 确定系统在稳定欠阻尼状态下的开环增益 K 的范围。
- (3) 若 $K=0.5$ ，系统在单位斜坡信号作用下的稳态误差是多少？

解：



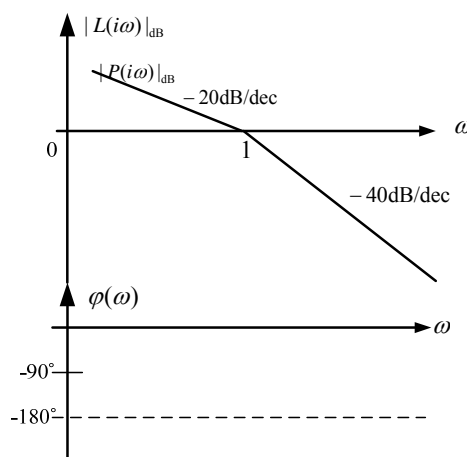
9. 已知单位反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{s(s+1)(0.5s+1)}$ 。解决以下问题：

- (1) 将其写成零极点形式，确定根轨迹的分支数、实轴上的根轨迹区段、渐近线、分离点及相应开环增益、与虚轴的交点及相应开环增益，并在已给出坐标系与零极点分布的图中，绘制根轨迹图。
- (2) 确定系统在稳定欠阻尼状态下的开环增益 K 的范围。
- (3) 若 $K=0.525$ ，系统在单位斜坡信号作用下的稳态误差是多少？



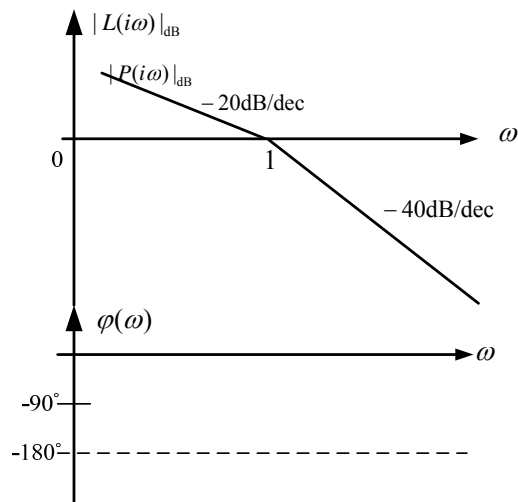
10. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $P(s) = \frac{1}{s(s+1)}$ ，它的 Bode 图的幅频部分如下。求解以下问题：

- (1) 求该系统未校正前的幅值交越频率、相角裕度和幅值裕度，并补充 Bode 图的相频部分，标注裕度；
- (2) 当系统输入为单位斜坡信号，设计使稳态误差为 0，相角裕度 $\varphi_m^* > 50^\circ$ 的串联校正环节。这里补偿串联校正环节补偿相角 $\delta = 10^\circ$ 。
- (3) 绘出校正环节和系统校正后的开环对数幅频特性图。

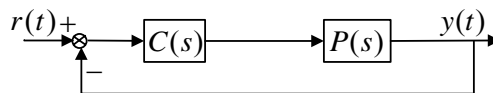


11. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $P(s) = \frac{1}{s(s+1)}$ ，它的 Bode 图的幅频部分如下。求解以下问题：

- (1) 求该系统未校正前的幅值交越频率、相角裕度和幅值裕度，并补充 Bode 图的相频部分，标注裕度；
- (2) 当系统输入为单位斜坡信号，设计使稳态误差为 0，相角裕度 $\varphi_m^* > 49^\circ$ 的串联校正环节。规定补偿串联校正环节补偿相角 $\delta = 11^\circ$ 。
- (3) 绘出校正环节和系统校正后的开环对数幅频特性图。



12. 下图所示的系统中，设 $P(s) = \frac{10}{(0.01s+1)(0.1s+1)}$ ，要求闭环系统在单位阶跃输入下稳态误差为零，相角裕度 $\phi_m \geq 60^\circ$ ，剪切频率 $\omega_c > 40 \text{ rad/s}$ ，求校正环节 $C(s)$ 。



13. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $P(s) = \frac{1}{Ts(Ts+1)^2}$ ，其中 $T > 0$ ，其输入为单位斜坡信号。解决

以下问题：

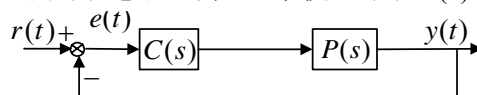
(1) 求该系统未校正前的相角裕度和稳态误差；

(2) 试设计使稳态误差为 0，相角裕度为 $\geq 50^\circ$ 的串联校正环节，并绘出校正环节和系统校正前后的开环对数幅频特性图。

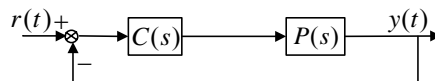
14. 下图中，设被控对象的传递函数为 $P(s) = \frac{10}{s(s+1)}$ ，串联校正装置的传递函数为 $C(s)$ 。输入为单位斜坡 $r(t) = t$ 。

(1) 求未校正系统 ($C(s) = 1$) 的相角裕度和闭环稳态误差。

(2) 若要求相角裕度 $\phi_m \geq 50^\circ$ ，闭环稳态误差为 0，求校正环节 $C(s)$ 。



15. 下图所示系统中，设 $P(s) = \frac{100}{s(0.01s+1)}$ ，要求闭环系统在单位斜坡输入下稳态误差为 0，相角裕度 $\gamma \geq 50^\circ$ ，求校正环节 $C(s)$ 。

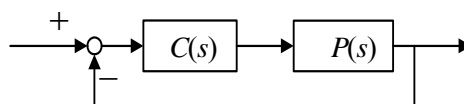


16. 设过程的传递函数 $P(s) = \frac{10}{s(s+10)}$ ，解决以下问题：

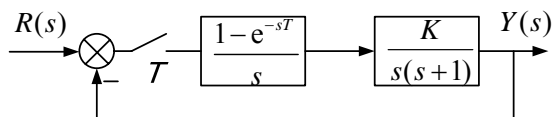
(1) 求校正环节 $C(s)$ ，使系统相角裕度 $\geq 30^\circ$ ，对斜坡输入 ($r(t) = t, t > 0$) 的稳态误差 ≤ 0.01 。

(2) 在同一个图中画出校正前 $P(s)$ 和校正后闭环系统的幅频特性 Bode 图。

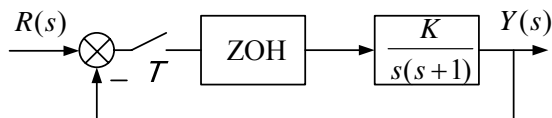
17. 设下图所示系统中 $P(s) = \frac{K}{s(2s+1)}$ ，要求其静态速度误差系数 $K_v = 10$ ，相角裕度 $\phi_m \geq 40^\circ$ ，设计其校正环节 $C(s)$ 。



18. 已知如下的控制系统，采样周期 $T=1\text{s}$ 。求使系统稳定的放大系数 K 的取值范围。



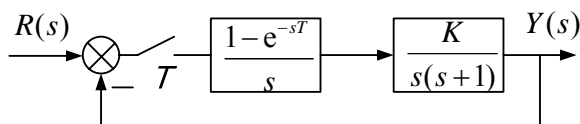
19. 已知如下的控制系统，采样周期 $T=1\text{s}$ ，ZOH 代表零阶保持器。完成下面的问题：(13 分)



(1) 求使系统稳定的放大系数 K 的取值范围。

(2) 当 $K=1$ 时，求该离散系统输入为单位阶跃信号时的响应，要求用幂级数表示。

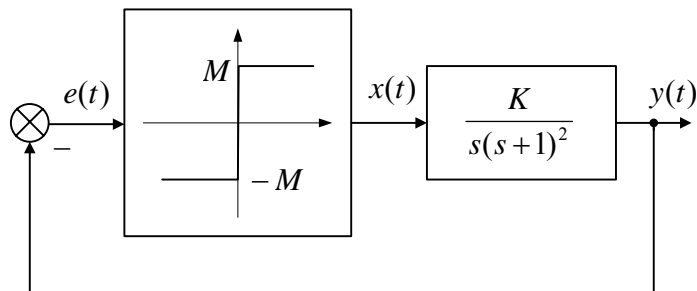
20. 已知如下图所示的控制系统，采样周期 $T=0.5\text{s}$ 。求使系统稳定的放大系数 K 的取值范围。



21. 如下图的非线性系统， $M=1$ ， $K=0.5$ ，解决如下问题：

(1) 非线性环节理想继电特性用谐波线性化后的可以用什么代替？写出过程。

(2) 写出自振条件，计算系统自振角频率和输出信号 $y(t)$ 的振幅，并在图中标注自振频率点与振荡幅度。

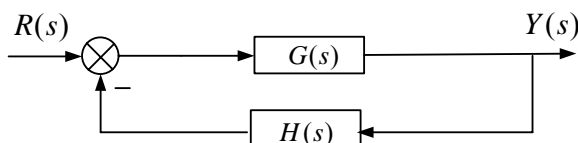


22. 下图所示系统的 $G(s) = \frac{K(s+40)}{s(s+10)}$ ， $H(s) = \frac{1}{s+20}$ 。解决以下问题：

(1) 确定使系统稳定的 K 值范围；

(2) 确定使系统临界稳定的 K 值，并计算系统的虚根；

(3) 保证系统极点全部位于 $s=-1$ 的左侧，试确定此时增益 K 的范围。



23. 已知一个 n 阶闭环系统的微分方程为

$$a_n y^{(n)} + a_{n-1} y^{(n-1)} + \dots + a_2 y^{(2)} + a_1 \dot{y} + a_0 y = b_1 \dot{r} + b_0 r$$

其中 r 为输入， y 为输出，所有系数均大于零。完成如下工作：

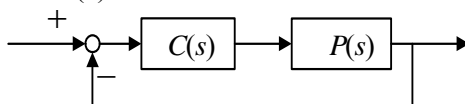
(1) 写出该系统的特征方程和传递函数。

(2) 若该系统为单位负反馈系统，写出其开环传递函数。

(3) 若系统是稳定的，求当 $r(t)=1(t)$ 时的稳态误差 e_{ss} 。

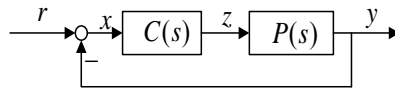
(4) 为使系统在 $r(t)=t$ 时的稳态误差 $e_{ss}=0$ ，除系统必须稳定外，还应满足什么条件？

24. 设下图所示系统中 $P(s) = \frac{K}{s(s+1)}$ ，要求在单位斜坡输入下 $e_{ss} \leq 0.04$ ，相角裕度 $\gamma \geq 45^\circ$ ，试分别用超前校正和滞后校正设计校正环节 $C(s)$ 。



25. 设下图所示系统中 $P(s) = \frac{2}{s(s+1)(s+2)}$ ，解决以下问题：

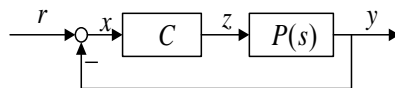
- (1) 设 C 为纯比例环节 K ，求使闭环系统临界稳定增益 K_u ，并求出振荡周期 T_u ；
- (2) 求使系统具有 30° 相角裕度，速度输入误差为 0 的校正环节；
- (3) 使用 Ziegler-Nichols 参数调整法则，求出 PID 控制器 $C(s) = K_p(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s)$ 参数。



Ziegler-Nichols 参数调整法则

控制器类型	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_u$	∞	0
PI	$0.45 K_u$	$0.8 T_u$	0
PID	$0.6 K_u$	$0.5 T_u$	$0.125 T_u$

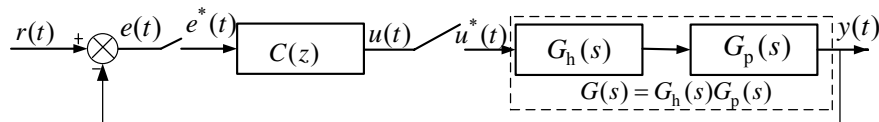
26. 设下图所示系统中 $P(s) = \frac{2}{s(s+1)(s+2)}$ ，求使闭环系统自持振荡的控制器结构和临界增益参数 K_u ，并求出振荡周期 T_u ，据此求出系统阶跃响应中超调量为 25%，无稳态误差的 PID 控制器 $C(s) = K_p(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s)$ 参数(使用 Ziegler-Nichols 参数调整频率法则)。



Ziegler-Nichols 参数调整法则

控制器类型	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_u$	∞	0
PI	$0.45 K_u$	$0.8 T_u$	0
PID	$0.6 K_u$	$0.5 T_u$	$0.125 T_u$

27. 已知如下图所示的计算机控制系统， $G_p(s) = \frac{K_d}{s(T_m s + 1)}$ ， $K_d = 20$ ， $T_m = 0.25$ ，试用连续域—离散化设计方法确定数字控制器 $C(z)$ ，使系统开环增益 $K \geq 30$ ，剪切频率 $\omega_c \geq 15(1/s)$ ，相角裕度 $\varphi_m \geq 50^\circ$ 。



28. 已知如下图所示的计算机控制系统， $G_p(s) = \frac{K_d}{s(T_m s + 1)}$ ， $K_d = 10$ ， $T_m = 1$ ，已知输入为单位斜坡信号，采样周期为 $T = 1s$ ，分别将系统设计为有纹波最小拍系统 and 无纹波最小拍系统。如果要求无纹波最小拍系统对阶跃信号输入也具有适应性，如何解决？

